

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
27. Dezember 2001 (27.12.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/98124 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷:

B60T 8/36

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG** [DE/DE]; Guerickestr. 7, D-60488 Frankfurt (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/EP01/06732

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BÖHM, Jürgen** [DE/DE]; Im Bangert 8, D-65558 Oberneisen (DE). **ULLRICH, Thorsten** [DE/DE]; Alsbacher Strasse, D-64579 Gernsheim (DE).

(22) Internationales Anmeldeatum:

15. Juni 2001 (15.06.2001)

(74) Gemeinsamer Vertreter: **CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG**; Guerickestr. 7, D-60488 Frankfurt (DE).

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(30) Angaben zur Priorität:

100 31 011.7

20. Juni 2000 (20.06.2000)

DE

101 06 464.0

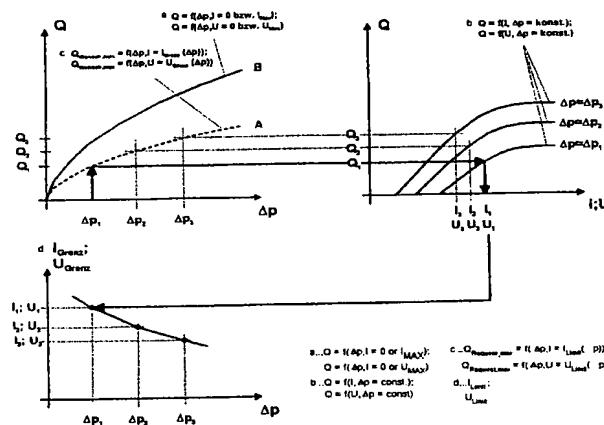
13. Februar 2001 (13.02.2001)

DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR ACTUATING AN ELECTRONICALLY CONTROLLED BRAKE ACTUATION SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND REGELSYSTEM ZUR ANSTEUERUNG EINES ELEKTRONISCH REGELBAREN BREMSBETÄIGUNGSSYSTEMS



(57) Abstract: The invention relates to a method and to an automatic control system for actuating an electronically controlled brake actuation system for motor vehicles. The inventive system comprises a pressureless accumulator (4) for the pressure agent, and at least one pressure source (20) actuated by an electronic control unit (32). Wheel brakes (7, 8, 9, 10) of the vehicle can be impinged upon with the pressure of said pressure source (20). Pressure control valves (inlet valve 17, 18; outlet valve 27, 28) are associated with said wheel brakes and are actuated in an analogous manner by means of an electrical value. Said pressure control valves link the wheel brakes (7-10) optionally with the pressure source (20) or with the pressure agent accumulator (4). In order to allow for an adaptation of the volume flows to be controlled to the volume requirements and to bring about the desired pressure change speeds, the electrical value is limited according to the hydraulic differential pressure (Δp) when the pressure control valves (17, 18; 27, 28) are actuated.

(57) Zusammenfassung: Verfahren und Regelsystem zur Ansteuerung eines elektronisch regelbaren Bremsbetätigungs systems. Es wird ein Verfahren sowie ein Regelsystem zur Ansteuerung eines elektronisch regelbare Bremsbetätigungs systems für Kraftfahrzeuge vorgeschlagen, mit einem drucklosen Druckmittelvorratsbehälter (4), mit mindestens einer durch eine

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/98124 A1



(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

elektronische Steuereinheit (32) ansteuerbaren Druckquelle (20), mit deren Druck Radbremsen (7, 8, 9, 10) des Fahrzeugs beaufschlagbar sind, denen mittels einer elektrischen Grösse analog ansteuerbare Druckregelventile (Einlassventil 17, 18; Auslassventil 27, 28) zugeordnet sind, die die Radbremsen (7-10) wahlweise mit der Druckquelle (20) oder dem Druckmittelvorratsbehälter (4) verbinden. Um eine Anpassung der zu regelnden Volumenströme an den jeweiligen Volumenbedarf sowie die gewünschten Druckänderungsgeschwindigkeiten zu ermöglichen wird erfahrungsgemäss vorgeschlagen, dass bei der Ansteuerung der Druckregelventile (17, 18; 27, 28) eine von dem an ihm anliegenden hydraulischen Differenzdruck (Δp) abhängige Begrenzung der elektrischen Grösse durchgeführt wird.

Verfahren und Regelsystem zur Ansteuerung eines elektronisch regelbaren Bremsbetätigungssystems

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie ein Regelsystem zur Ansteuerung eines elektronisch regelbaren Bremsbetätigungs systems für Kraftfahrzeuge, mit einem drucklosen Druckmittelvorratsbehälter, mit mindestens einer durch eine elektronische Steuereinheit ansteuerbaren Druckquelle, mit deren Druck Radbremsen des Fahrzeuges beaufschlagbar sind, denen mittels einer elektrischen Größe analog ansteuerbare Druckregelventile zugeordnet sind, die die Radbremsen wahlweise mit der Druckquelle oder dem Druckmittelvorratsbehälter verbinden.

Ein derartiges Bremsbetätigungs system ist zum Beispiel aus der EP 0 832 019 B1 bekannt. Die den Radbremsen zugeordneten Druckregelventile des vorbekannten Bremsbetätigungs systems sind als paarweise angeordnete elektromagnetisch analog ansteuerbare Ventile nach Sitzventilbauart ausgeführt, von denen die in der Verbindung zwischen der Druckquelle und den Radbremsen geschalteten Einlaßventile als stromlos geschlossene Sitzventile ausgebildet sind und in seiner geschlossenen Schaltstellung eine Druckbegrenzungsfunktion erfüllen, während die in der Verbindung zwischen den Radbremsen und dem Druckmittelvorratsbehälter geschalteten Auslaßventile als stromlos offene Ventile ausgebildet sind, die in ihrer offenen Schaltstellung die Verbindung freigeben und in ihrer geschlossenen Schaltstellung absperren.

- 2 -

Die vorhin erwähnte Veröffentlichung läßt jedoch keine Maßnahmen erkennen, die eine Anpassung der zu regelnden Volumenströme an den jeweiligen Volumenbedarf sowie die gewünschten Druckänderungsgeschwindigkeiten ermöglichen.

Es ist jedoch bekannt, derartige Anpassungen durch Verwendung von mechanischen Blenden zu erreichen, die den erwähnten Ventilen vorgeschaltet sind. Der Einsatz derartiger Blenden ist jedoch mit einem höheren konstruktiven Aufwand verbunden, um für die gewünschten Parameter geeignete Ventilausführungen zu realisieren.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Ansteuerung eines elektronisch regelbaren Bremsbetätigungssystems der eingangs genannten Gattung sowie ein Regelsystem vorzuschlagen, die es ermöglichen, auf die Verwendung der mechanischen Blenden zu verzichten.

Diese Aufgabe wird verfahrensmäßig dadurch gelöst, daß bei der Ansteuerung des betrachteten Druckregelventils eine von dem an ihm anliegenden hydraulischen Differenzdruck abhängige Begrenzung der elektrischen Größe durchgeführt wird.

Zur Konkretisierung des Erfindungsgedankens ist vorgesehen, daß die Druckregelventile als elektromagnetisch ansteuerbare Ventile ausgeführt sind und daß die elektrische Größe ein dem elektromagnetischen Antrieb zuzuführender elektrischer Strom ist, oder daß die Druckregelventile als piezoelektrisch ansteuerbare Ventile ausgeführt sind und daß die elektrische Größe eine dem Piezoantrieb zuzuführende elektrische Spannung ist.

- 3 -

Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn zur Begrenzung des dem betrachteten Druckregelventil zuzuführenden Stromes eine Volumenstrom-Kennlinienschär $Q = f(I, \Delta p = \text{konst.})$ bzw. zur Begrenzung der an das betrachtete Druckregelventil anzulegenden Spannung eine Volumenstrom-Kennlinienschär $Q = f(U, \Delta p = \text{konst.})$ ausgewertet wird, die das statische Ist-Verhalten der Druckregelventile beschreibt.

Eine sinnvolle Weiterbildung des Erfindungsgedankens besteht darin, daß eine gewünschte, durch die Strombegrenzung einzustellende Volumenstrom-Kennlinie $Q_{\text{Wunsch},\max} = f(\Delta p; I = I_{\text{Grenz}}(\Delta p))$ bzw. eine gewünschte, durch die Spannungsbegrenzung einzustellende Volumenstrom-Kennlinie $Q_{\text{Wunsch},\max} = f(\Delta p; U = U_{\text{Grenz}}(\Delta p))$ festgelegt wird.

Schließlich werden durch die Wahl mehrerer Differenzdruckwerte ($\Delta p_{1,2,3}$) mehrere aus der gewünschten, durch die Strombegrenzung bzw. die Spannungsbegrenzung einzustellenden Volumenstrom-Kennlinie $Q_{\text{Wunsch},\max} = f(\Delta p; I = I_{\text{Grenz}}(\Delta p))$ bzw. Volumenstrom-Kennlinie $Q_{\text{Wunsch},\max} = f(\Delta p; U = U_{\text{Grenz}}(\Delta p))$ Volumenstromwerte ($Q_{1,2,3}$) ermittelt, die zur Bestimmung mehrerer Stromgrenzwerte ($I_{1,2,3}$) aus der ersten, den Differenzdruckwerten ($\Delta p_{1,2,3}$) entsprechenden Volumenstrom-Kennlinie $Q = f(I, \Delta p = \text{konst.})$ bzw. zur Bestimmung mehrerer Spannungsgrenzwerte ($U_{1,2,3}$) aus der ersten, den Differenzdruckwerten ($\Delta p_{1,2,3}$) entsprechenden Volumenstrom-Kennlinie $Q = f(U, \Delta p = \text{konst.})$ dient, die zur Bildung der gewünschten Strombegrenzungscharakteristik $I_{\text{Grenz}} = f(\Delta p)$ bzw. zur Bildung der gewünschten Spannungsbegrenzungscharakteristik $U_{\text{Grenz}} = f(\Delta p)$ herangezogen werden.

Ein erfindungsgemäßes Regelsystem zur Durchführung des vorhin erwähnten Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, daß ein Druck-

- 4 -

regler vorgesehen ist, dem als Eingangsgrößen ein Druck-Sollwert, mit dem eine der Radbremsen des Fahrzeuges zu beaufschlagen ist, ein Druck-Istwert, mit dem eine der Radbremsen des Fahrzeuges beaufschlagt ist, sowie der an dem betrachteten Druckregelventil anliegende hydraulische Differenzdruck zugeführt werden und dessen Ausgangsgröße der Sollwert der zur Ansteuerung des Druckregelventils verwendeten elektrischen Größe ist und dem ein Begrenzungsmodul nachgeschaltet ist, dem als andere Eingangsgröße die gewünschte Strombegrenzungscharakteristik $I_{Grenz} = f(\Delta p)$ bzw. die gewünschte Spannungsbegrenzungscharakteristik $U_{Grenz} = f(\Delta p)$ zugeführt wird und dessen Ausgangsgröße der Sollwert der zur Ansteuerung des Druckregelventils verwendeten elektrischen Größe ist.

Dem Begrenzungsmodul ist vorzugsweise ein Korrekturmodul vorgeschaltet, in dem dem an dem betrachteten Druckregelventil anliegenden hydraulischen Differenzdruckwert der Wert der gewünschten Begrenzung der zur Ansteuerung des Druckregelventils verwendeten elektrischen Größe ($I_{Grenz} = f(\Delta p)$ bzw. $U_{Grenz} = f(\Delta p)$) zugeordnet wird.

Außerdem ist es besonders vorteilhaft, wenn der Druckregler aus einem linearen Regler sowie einem Vorsteuermodul besteht, wobei dem linearen Regler als Eingangsgröße die aus Druck-Sollwert und Druck-Istwert gebildete Regelabweichung zugeführt wird, während dem Vorsteuermodul ein den an den Druckregelventilen anliegenden hydraulischen Differenzdruck repräsentierendes Signal zugeführt wird, wobei das Vorsteuermodul einen Wert der zur Ansteuerung des Druckregelventils verwendeten elektrischen Größe erzeugt, der dem Öffnungspunkt der Druckregelventile entspricht und der zu der Ausgangsgröße des linearen Reglers

- 5 -

zur Bildung des Sollwerts der zur Ansteuerung des Druckregelventils verwendeten elektrischen Größe hinzuaddiert wird.

Die Erfindung wird in der nachfolgenden Beschreibung an einem Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 ein vereinfachtes Schaltbild eines Bremsbetätigungssystems, bei dem das erfundungsgemäße Verfahren verwendet werden kann;

Fig. 2 eine diagrammatische Darstellung einer das Verhalten der Druckregelventile beschreibenden ersten Volumenstrom-Kennlinie;

Fig. 3 eine diagrammatische Darstellung einer das Verhalten der Druckregelventile beschreibenden zweiten Volumenstrom-Kennlinie;

Fig. 4 eine diagrammatische Darstellung der gewünschten Begrenzungscharakteristik;

Fig. 5 den Aufbau eines Regelkreises zur Durchführung des erfundungsgemäßen Verfahrens; und

Fig. 6 den Aufbau des im Regelkreis gemäß Fig. 5 verwendeten Druckreglers.

Das in Fig. 1 dargestellte, elektronisch regelbare Bremsbetätigungs system besteht aus einem mittels eines Betätigungs pedals 1

- 6 -

betätigbaren, zweikreisigen Hauptbremszylinder bzw. Tandem-hauptzylinder 2, der mit einem Pedalwegsimulator 3 zusammenwirkt sowie zwei voneinander getrennte Druckräume aufweist, die mit einem drucklosen Druckmittelvorratsbehälter 4 in Verbindung stehen. An den ersten Druckraum (Primärdruckraum) sind mittels einer absperrbaren ersten hydraulischen Leitung 5 beispielsweise der Vorderachse zugeordnete Radbremsen 7,8 angeschlossen. Das Absperren der Leitung 5 erfolgt mittels eines ersten Trennventils 11, während in einem zwischen den Radbremsen 7, 8 geschalteten Leitungsabschnitt 12 ein elektromagnetisch betätigbares, vorzugsweise stromlos offenes (S0) Druckausgleichsventil 13 eingefügt ist, das bei Bedarf eine radindividuelle Bremsdruckregelung ermöglicht.

Der zweite Druckraum des Hauptbremszylinders 2, an den ein Drucksensor 15 angeschlossen sein kann, ist über eine mittels eines zweiten Trennventils 14 absperrbare zweite hydraulische Leitung 6 mit dem anderen, der Hinterachse zugeordneten Radbremsenpaar 9, 10 verbindbar. In einem zwischen den Radbremsen 9, 10 geschalteten Leitungsabschnitt 16 ist wieder ein elektromagnetisch betätigbares, vorzugsweise stromlos offenes (S0) Druckausgleichsventil 19 eingefügt. Da der Aufbau des an den zweiten Druckraum des Hauptbremszylinders 2 angeschlossenen hydraulischen Kreises identisch dem des in der vorstehenden Beschreibung erläuterten Bremskreises 11 entspricht, braucht er im nachfolgenden Text nicht mehr erörtert zu werden.

Wie der Zeichnung weiter zu entnehmen ist, ist ein als Fremddruckquelle dienendes Motor-Pumpen-Aggregat 20 mit einem Hochdruckspeicher 21 vorgesehen, das seinerseits aus einer mittels eines Elektromotors 22 angetriebenen Pumpe 23 sowie einem der Pumpe 23 parallel geschalteten Druckbegrenzungsventil 24 be-

- 7 -

steht. Die Saugseite der Pumpe 23 ist über ein Rückschlagventil 24 an den vorhin erwähnten Druckmittelvorratsbehälter 4 angegeschlossen. Der von der Pumpe 23 aufgebrachte hydraulische Druck kann von einem nicht dargestellten Drucksensor überwacht werden.

Eine dritte hydraulische Leitung 26 verbindet den Hochdruckspeicher 21 mit den Eingangsanschlüssen von zwei elektromagnetisch analog ansteuerbaren, stromlos geschlossenen 2/2-Wegeventilen 17, 18, die als Einlaßventile den Radbremsen 7 und 8 vorgeschaltet sind. Außerdem sind die Radbremsen 7, 8 über je ein elektromagnetisch analog ansteuerbares, stromlos geschlossenes 2/2-Wegeventil bzw. Auslaßventil 27, 28 an eine vierte hydraulische Leitung 29 angeschlossen, die andererseits mit dem drucklosen Druckmittelvorratsbehälter 4 in Verbindung steht. Der in den Radbremsen 7, 8 herrschende hydraulische Druck wird mit Hilfe je eines Drucksensors 30, 31 ermittelt.

Der gemeinsamen Ansteuerung des Motor-Pumpen-Aggregats 20 sowie der Elektromagnetventile 11, 13, 14, 17, 18, 19, 27, 28 dient eine elektronische Steuereinheit 32, der als Eingangssignale die Ausgangssignale eines mit dem Betätigungspedal 1 zusammenwirkenden Betätigungswegsensors 33 sowie des vorhin erwähnten Drucksensors 15 zugeführt werden und die eine Fahrerverzögerungswunscherkennung ermöglichen. Zur Fahrerverzögerungswunscherkennung können jedoch auch andere Mittel, beispielsweise ein die Betätigungs Kraft am Betätigungs pedal 1 sensierender Kraftsensor verwendet werden. Als weitere Eingangsgrößen werden der elektronischen Steuereinheit 32 die Ausgangssignale der Drucksensoren 30, 31 sowie die der Geschwindigkeit des Fahrzeuges entsprechenden Ausgangssignale von lediglich schematisch ange deuteten Radsensoren zugeführt, wobei die den Radbremsen 7, 8

- 8 -

zugeordneten Radsensoren mit den Bezugszeichen 34, 35 versehen sind.

Zur quasikontinuierlichen, fein dosierbaren Druckeinstellung in den Radbremsen 7, 8 mittels der vorhin erwähnten Ein- (17, 18) und Auslaßventile 27, 28 wird das erfindungsgemäße Verfahren verwendet, dessen Durchführung im nachfolgenden Text im Zusammenhang mit Fig. 2 - 4 erläutert wird. Dabei ist zu berücksichtigen, daß das Verfahren nur bei denjenigen Druckregelventilen anzuwenden ist, bei denen auf Grund der konstruktiv vorgegebenen Bremsenkennlinie sowie der gewünschten Bremskraftverteilung eine Anpassung der Volumenstrom-Kennlinie erforderlich ist. Es wird davon ausgegangen, daß, wie vorhin beschrieben wurde, alle Druckregelventile 17, 18, 27, 28 als, stromlos geschlossene 2/2-Wegeventile ausgeführt sind, die mittels eines elektromagnetischen Antriebs analog ansteuerbar sind. Dementsprechend wird das Verhalten der Ventile durch Änderungen des dem elektromagnetischen Antrieb zuzuführenden elektrischen Stroms beeinflußt, der gemäß dem Erfindungsgedankens in Abhängigkeit von dem am Einlaß- (17, 18) bzw. am Auslaßventil 27, 28 anliegenden hydraulischen Differenzdruck Δp wie folgt begrenzt wird:

Für jedes in Frage kommende Druckregelventil wird zunächst eine gewünschte, durch die Strombegrenzung einzustellende Volumenstrom-Kennlinie A festgelegt, die in Fig. 2 gestrichelt dargestellt wird und die durch die Gleichung $Q_{\text{Wunsch}, \text{max}} = f(\Delta p; I = I_{\text{Grenz}}(\Delta p))$ beschrieben ist. Mit $Q_{\text{Wunsch}, \text{max}}$ wird der gewünschte, maximal einzustellende Volumenstrom bezeichnet, während $I_{\text{Grenz}}(\Delta p)$ den maximalen, begrenzten Stromwert bezeichnet. Diese Kennlinie, die in der vorhin erwähnten elektronischen Steuereinheit 32 abgelegt wird, liegt unterhalb einer Volumenstrom-Kennlinie B, die einem nicht angepaßten Ventil

- 9 -

entspricht und die durch die Gleichung $Q = f(\Delta p; I = I_{Max})$ beschrieben ist. Eine ebenso in der elektronischen Steuereinheit 32 abgelegte, das Ist-Verhalten des Druckregelventils darstellende Volumenstrom-Kennlinienschär mit dem Differenzdruck Δp als Parameter ist in Fig. 3 gezeigt. Die einzelnen Volumenstrom-Kennlinien folgen dabei dem funktionalen Zusammenhang $Q = f(I, \Delta p = \text{konst.})$, wobei mit Q der Ist-Volumenstrom bezeichnet wird, der bei der Ansteuerung des elektromagnetischen Antriebs mit dem Strom I durch das Druckregelventil fließt. Werden nun aus der gewünschten Volumenstrom-Kennlinie $Q_{Wunsch, max} = f(\Delta p; I = I_{Grenz}(\Delta p))$ beispielsweise drei verschiedene Differenzdruckwerte $\Delta p_1, \Delta p_2, \Delta p_3$ (Fig. 2) gewählt, denen gewünschte Volumenströme Q_1, Q_2, Q_3 entsprechen, so können in der Kennlinienschär gemäß Fig. 3 Stromwerte I_1, I_2, I_3 abgelesen werden, die jeweils dem gewählten Differenzdruckwert $\Delta p_1, \Delta p_2, \Delta p_3$ entsprechen. Werden nun die auf diese Art ermittelten Stromwerte I_1, I_2, I_3 über den Differenzdruckwerten $\Delta p_1, \Delta p_2, \Delta p_3$ aufgetragen, so erhält man die gewünschte Strombegrenzungsscharakteristik $I_{Grenz} = f(\Delta p)$, die in Fig. 4 gezeigt ist.

Die beschriebene Vorgehensweise wurde im Zusammenhang mit Druckregelventilen beschrieben, die mittels eines durch elektrischen Strom ansteuerbaren elektromagnetischen Antriebs betätigt werden und die auch stromlos offene Ventile umfassen. Das Verfahren kann jedoch selbstverständlich analog bei Druckregelventilen angewandt werden, die mittels eines Piezoantriebs angesteuert werden. In diesem Fall ist dann die das Ist-Verhalten der Piezoventile beeinflussende Größe die an den Piezoantrieb anzulegende Spannung.

- 10 -

In Fig. 5 und 6 ist schließlich ein Regelsystem zur Durchführung des erfundungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Das abgebildete Regelsystem, das einen Bestandteil der vorhin erwähnten elektronischen Steuereinheit 32 bildet, besteht im wesentlichen aus einem Druckregler 40, einem dem Druckregler 40 nachgeschalteten Begrenzungsmodul 41 sowie einem Korrekturmodul 42, durch dessen Ausgangsgröße die Funktion des Begrenzungsmoduls 41 beeinflußt wird. Als Eingangsgrößen werden dem Druckregler 40 Signale zugeführt, die den Druck-Sollwert P_{Soll} , mit dem eine der Radbremsen 7 - 10 zu beaufschlagen ist, den Druck-Istwert P_{Ist} , mit dem eine der Radbremsen 7 - 10 beaufschlagt ist, sowie den am entsprechenden Druckregelventil anliegenden Differenzdruck Δp repräsentieren. Die Ausgangsgröße des Druckreglers 40 stellt den Sollwert I_{Soll} bzw. U_{Soll} des dem elektromagnetisch ansteuerbaren Druckregelventil zuzuführenden elektrischen Stroms bzw. der an das piezoelektrisch ansteuerbare Druckregelventil anzulegenden Spannung dar. Im Korrekturmodul 42 werden verschiedenen Differenzdruckwerten Δp Strom- bzw. Spannungs-Grenzwerte I_{Grenz} bzw. U_{Grenz} zugeordnet, die zusammen mit der Ausgangsgröße des Druckreglers 40 I_{Soll} bzw. U_{Soll} dem Begrenzungsmodul 41 zugeführt werden, in dem die gewünschte, differenzdruckabhängige Begrenzung von I_{Soll} bzw. U_{Soll} stattfindet. Die Ausgangsgröße des Begrenzungsmoduls 41 stellt den begrenzten Sollwert $I_{Soll,Grenz}$ bzw. $U_{Soll,Grenz}$ des dem elektromagnetisch ansteuerbaren Druckregelventil zuzuführenden elektrischen Stroms bzw. der an das piezoelektrisch ansteuerbare Druckregelventil anzulegenden Spannung dar.

Wie insbesondere Fig. 6 zu entnehmen ist, wird der vorhin erwähnte Druckregler 40 im wesentlichen durch einen linearen Regler 401 sowie ein Vorsteuermodul gebildet, das mit dem Bezugszeichen 402 versehen ist. Als Eingangsgröße des linearen

- 11 -

Reglers 401 wird eine Regelabweichung ΔP_R verwendet, die in einer dem Regler 401 vorgeschalteten Subtraktionsstelle 403 aus dem Druck-Sollwert P_{Soll} sowie dem Druck-Istwert P_{Ist} gebildet wird, während in einer Additionsstelle 404 zu der Ausgangsgröße $I_{Soll,L}$ bzw. $U_{Soll,L}$ des linearen Reglers 401 die Ausgangsgröße $I_{Soll,V}$ bzw. $U_{Soll,V}$ des Vorsteuermoduls 402 hinzugaddiert wird.

- 12 -

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ansteuerung eines elektronisch regelbares Bremsbetätigungssystems für Kraftfahrzeuge, mit einem drucklosen Druckmittelvorratsbehälter (4), mit mindestens einer durch eine elektronische Steuereinheit (32) ansteuerbaren Druckquelle (20), mit deren Druck Radbremsen (7,8,9,10) des Fahrzeuges beaufschlagbar sind, denen mittels einer elektrischen Größe analog ansteuerbare Druckregelventile (Einlaßventil 17,18; Auslaßventil 27,28) zugeordnet sind, die die Radbremsen (7 - 10) wahlweise mit der Druckquelle (20) oder dem Druckmittelvorratsbehälter (4) verbinden, dadurch **gekennzeichnet**, daß bei der Ansteuerung des betrachteten Druckregelventils (17,18;27,28) eine von dem an ihm anliegenden hydraulischen Differenzdruck (Δp) abhängige Begrenzung der elektrischen Größe durchgeführt wird.
2. Verfahren zur Ansteuerung eines elektronisch regelbares Bremsbetätigungssystems nach Anspruch 1 dadurch **gekennzeichnet**, daß die Druckregelventile (17,18;27,28) als elektromagnetisch ansteuerbare Ventile ausgeführt sind und daß die elektrische Größe ein dem elektromagnetischen Antrieb zuzuführender elektrischer Strom ist.
3. Verfahren zur Ansteuerung eines elektronisch regelbares Bremsbetätigungssystems nach Anspruch 1 dadurch **gekennzeichnet**, daß die Druckregelventile als piezoelektrisch ansteuerbare Ventile ausgeführt sind und daß die elektrische Größe eine an den Piezoantrieb anzulegende elektrische Spannung ist.

- 13 -

4. Verfahren zur Ansteuerung eines elektronisch regelbares Bremsbetätigungssystems nach Anspruch 2 dadurch **gekennzeichnet**, daß zur Begrenzung des dem betrachteten Druckregelventil (17, 18; 27, 28) zuzuführenden Stromes eine Volumenstrom-Kennlinienschär $Q = f(I, \Delta p = \text{konst.})$ ausgewertet wird, die das statische Ist-Verhalten des Druckregelventils (17, 18; 27, 28) beschreibt.
5. Verfahren zur Ansteuerung eines elektronisch regelbares Bremsbetätigungssystems nach Anspruch 4 dadurch **gekennzeichnet**, daß eine gewünschte, durch die Strombegrenzung einzustellende Volumenstrom-Kennlinie $Q_{\text{Wunsch}, \text{max}} = f(\Delta p; I = I_{\text{Grenz}}(\Delta p))$ (A) festgelegt wird.
6. Verfahren zur Ansteuerung eines elektronisch regelbares Bremsbetätigungssystems nach Anspruch 4 und 5 dadurch **gekennzeichnet**, daß durch die Wahl mehrerer Differenzdruckwerte ($\Delta p_{1,2,3}$) mehrere Volumenstromwerte ($Q_{1,2,3}$) aus der gewünschten, durch die Strombegrenzung einzustellenden Volumenstrom-Kennlinie $Q_{\text{Wunsch}, \text{max}} = f(\Delta p; I = I_{\text{Grenz}}(\Delta p))$ (A) ermittelt werden, die zur Bestimmung mehrerer Stromgrenzwerte ($I_{1,2,3}$) aus den Differenzdruckwerten ($\Delta p_{1,2,3}$) entsprechenden Volumenstrom-Kennlinienschär $Q = f(I, \Delta p = \text{konst.})$ dient, die zur Bildung der gewünschten Strombegrenzungscharakteristik $I_{\text{Grenz}} = f(\Delta p)$ herangezogen werden.
7. Verfahren zur Ansteuerung eines elektronisch regelbares Bremsbetätigungssystems nach Anspruch 3 dadurch **gekennzeichnet**, daß zur Begrenzung der an das betrachtete Druckregelventil anzulegenden Spannung eine Volumenstrom-Kenn-

- 14 -

linienschär $Q = f(U, \Delta p = \text{konst.})$) ausgewertet wird, die das statische Ist-Verhalten des Druckregelventils beschreibt.

8. Verfahren zur Ansteuerung eines elektronisch regelbares Bremsbetätigungssystems nach Anspruch 7 dadurch gekennzeichnet, daß eine gewünschte, durch die Spannungsbegrenzung einzustellende Volumenstrom-Kennlinie $Q_{\text{Wunsch}, \text{max}} = f(\Delta p; U = U_{\text{Grenz}}(\Delta p))$ festgelegt wird.
9. Verfahren zur Ansteuerung eines elektronisch regelbares Bremsbetätigungssystems nach Anspruch 7 und 8 dadurch gekennzeichnet, daß durch die Wahl mehrerer Differenzdruckwerte ($\Delta p_{1,2,3}$) mehrere Volumenstromwerte ($Q_{1,2,3}$) aus der gewünschten, durch die Spannungsbegrenzung einzustellenden Volumenstrom-Kennlinie $Q_{\text{Wunsch}, \text{max}} = f(\Delta p; U = U_{\text{Grenz}}(\Delta p))$ (A) ermittelt werden, die zur Bestimmung mehrerer Spannungsgrenzwerte ($U_{1,2,3}$) aus den Differenzdruckwerten ($\Delta p_{1,2,3}$) entsprechenden Volumenstrom-Kennlinienschär $Q = f(U, \Delta p = \text{konst.})$ dient, die zur Bildung der gewünschten Spannungsbegrenzungscharakteristik $U_{\text{Grenz}} = f(\Delta p)$ herangezogen werden.
10. Regelsystem zur Ansteuerung eines elektronisch regelbaren Bremsbetätigungssystems nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß ein Druckregler (40) vorgesehen ist, dem als Eingangsgrößen ein Druck-Sollwert (P_{Soll}), mit dem eine der Radbremsen (7,8,9,10) des Fahrzeugs zu beaufschlagen ist, ein Druck-Istwert (P_{Ist}), mit dem eine der Radbremsen (7,8,9,10) des Fahrzeugs beaufschlagt ist, sowie der an dem betrachteten Druckregelventil (17,18;27,28) anliegende hydraulische Differenzdruckwert (Δp) zugeführt werden und dessen Ausgangsgröße der Sollwert

- 15 -

(I_{Soll} bzw. U_{Soll}) der zur Ansteuerung des Druckregelventils (17,18;27,28) verwendeten elektrischen Größe ist und dem ein Begrenzungsmodul (41) nachgeschaltet ist, dem als andere Eingangsgröße der Wert der gewünschten Begrenzung der zur Ansteuerung des Druckregelventils (17,18;27,28) verwendeten elektrischen Größe $I_{Grenz} = f(\Delta p)$ bzw. $U_{Grenz} = f(\Delta p)$ zugeführt wird und dessen Ausgangsgröße der Sollwert ($I_{Soll,Grenz}$ bzw. $U_{Soll,Grenz}$) der zur Ansteuerung des Druckregelventils (17,18;27,28) verwendeten elektrischen Größe (I, U) ist.

11. Regelsystem zur Ansteuerung eines elektronisch regelbaren Bremsbetätigungssystems nach Anspruch 10 dadurch **gekennzeichnet**, daß dem Begrenzungsmodul (41) ein Korrekturmodul (42) vorgeschaltet ist, in dem dem an dem betrachteten Druckregelventil (17,18;27,28) anliegenden hydraulischen Differenzdruckwert (Δp) der Wert der gewünschten Begrenzung der zur Ansteuerung des Druckregelventils (17,18;27,28) verwendeten elektrischen Größe $I_{Grenz} = f(\Delta p)$ bzw. $U_{Grenz} = f(\Delta p)$ zugeordnet wird.
12. Regelsystem zur Ansteuerung eines elektronisch regelbaren Bremsbetätigungssystems nach Anspruch 10 oder 11 dadurch **gekennzeichnet**, daß der Druckregler (40) aus einem linearen Regler (401) sowie einem Vorsteuermodul (402) besteht, wobei dem linearen Regler (401) als Eingangsgröße die aus Druck-Sollwert (P_{Soll}) und Druck-Istwert (P_{Ist}) gebildete Regelabweichung (ΔP_R) zugeführt wird, während dem Vorsteuermodul (402) ein den an dem betrachteten Druckregelventil (17,18;27,28) anliegenden hydraulischen Differenzdruck (Δp) repräsentierendes Signal zugeführt wird, wobei das Vorsteuermodul (402) einen Wert ($I_{Soll,v}; U_{Soll,v}$) der zur Ansteue-

- 16 -

rung des Druckregelventils (17,18;27,28) verwendeten elektrischen Größe (I, U) erzeugt, der dem Öffnungspunkt des Druckregelventils (17,18;27,28) entspricht und der zu der Ausgangsgröße ($I_{Soll,L}; U_{Soll,L}$) des linearen Reglers (401) zur Bildung des Sollwerts (I_{Soll}, U_{Soll}) der zur Ansteuerung des Druckregelventils (17,18;27,28) verwendeten elektrischen Größe hinzugaddiert wird.

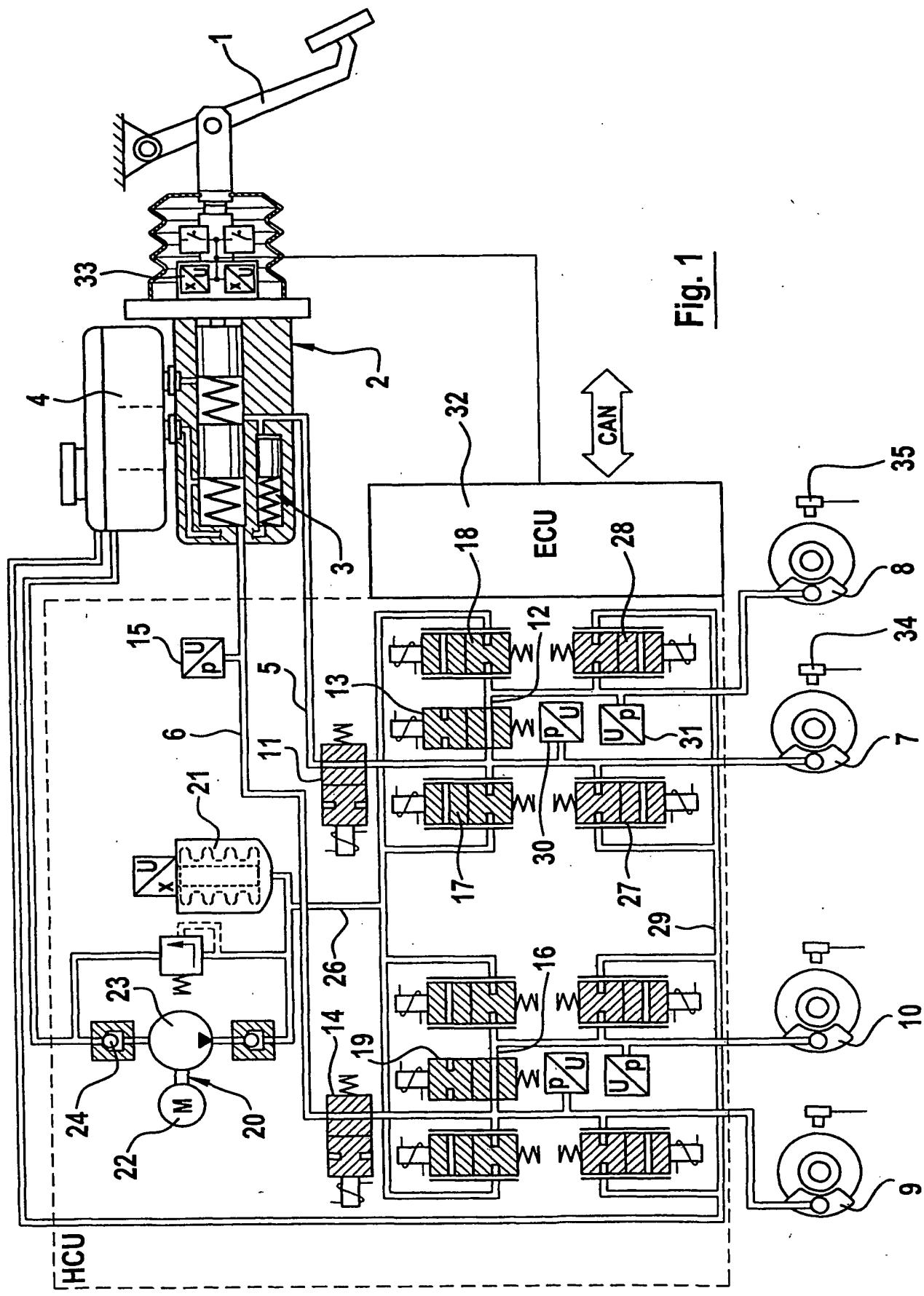


Fig. 2 B
 $Q_{\text{Wunsch},\text{max}} = f(\Delta p, U_{\text{grenz}}(\Delta p))$

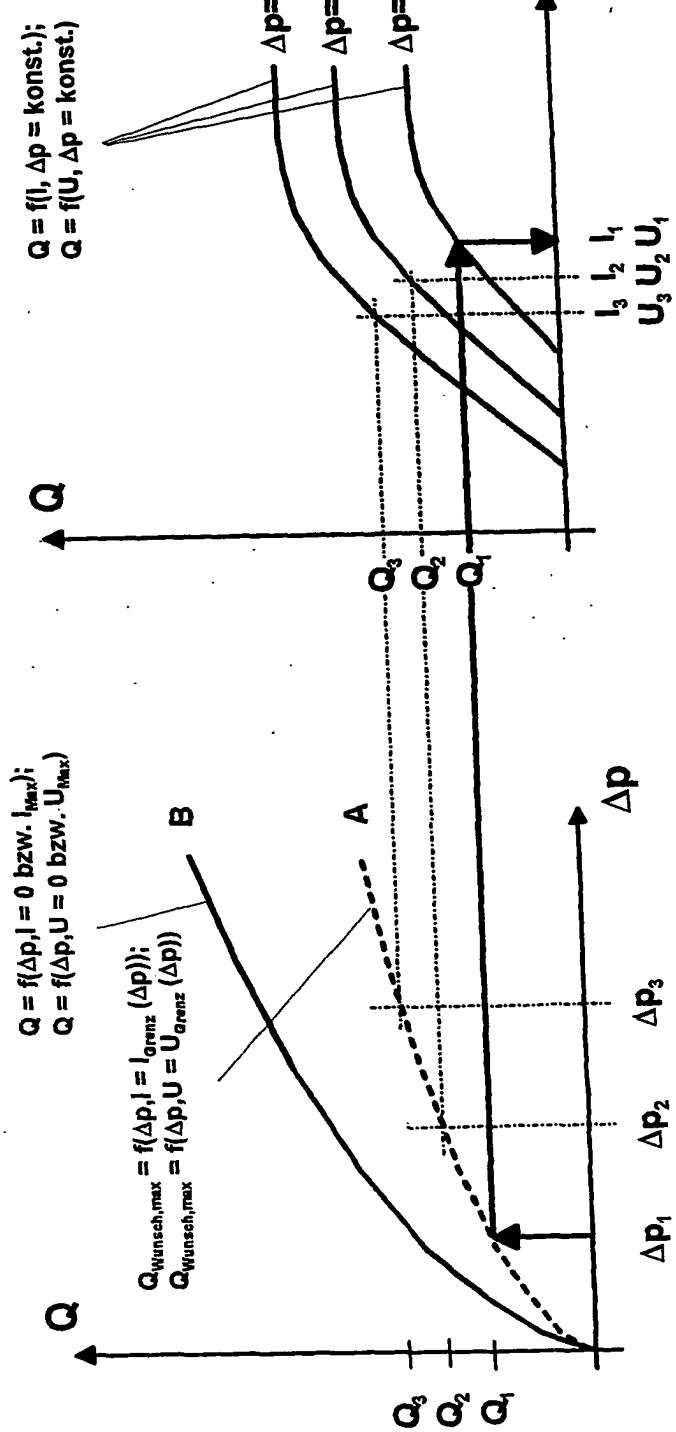


Fig. 4

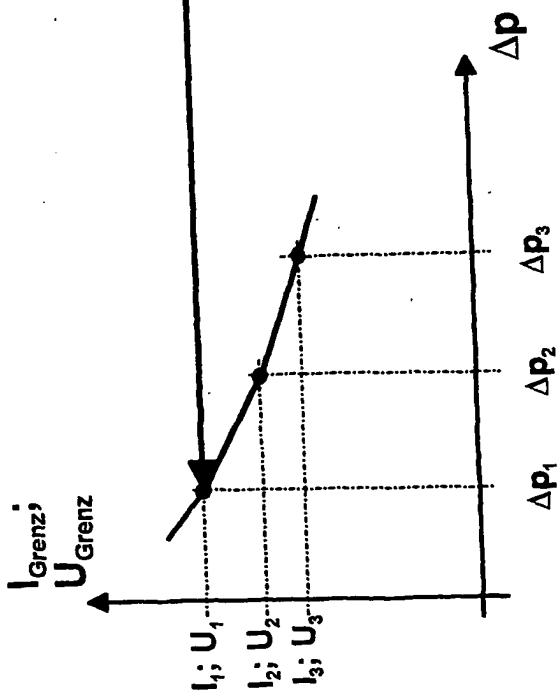


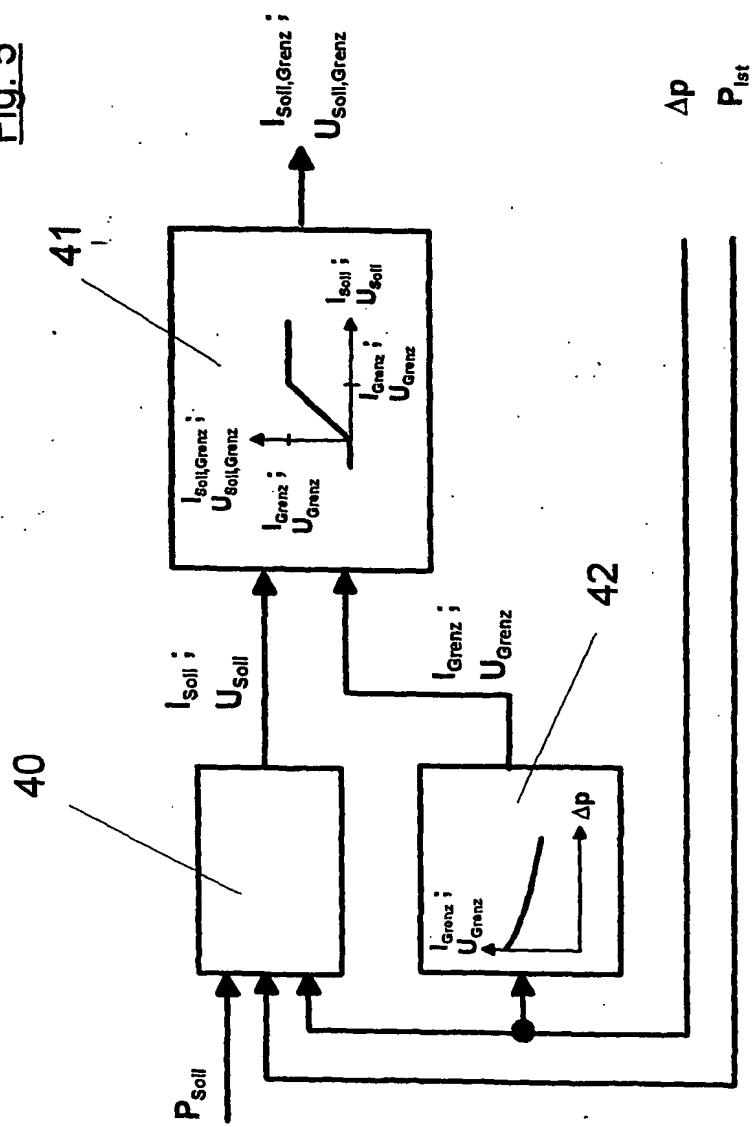
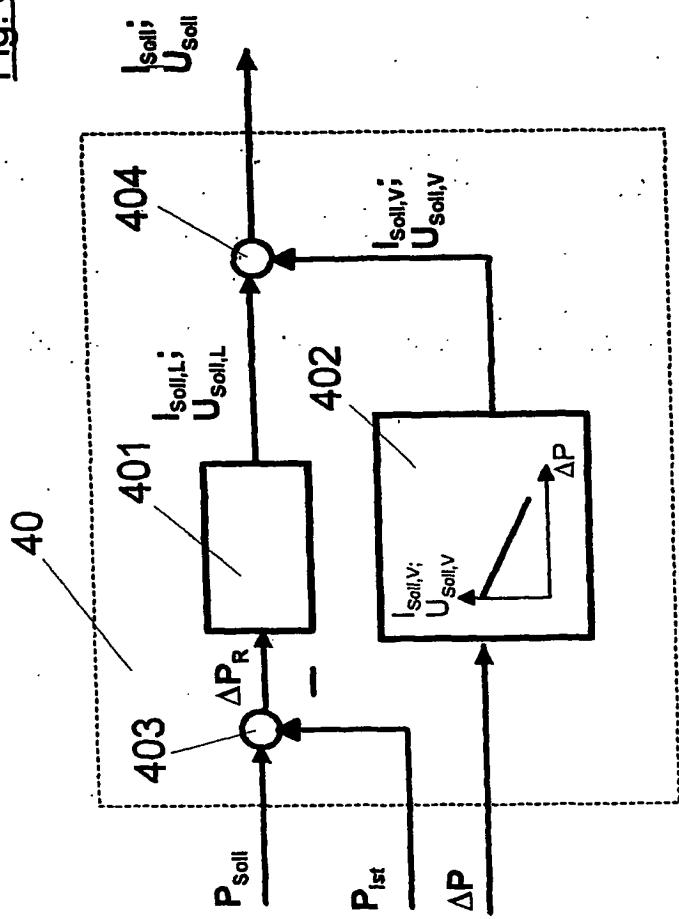
Fig. 5

Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Application No

PCT/EP 01/06732

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B60T8/36

5/4

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 B60T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 197 07 960 A (BOSCH GMBH ROBERT) 3 September 1998 (1998-09-03) the whole document	1,2,4-6, 10-12
Y	---	3,7-9
X	DE 196 54 427 A (BOSCH GMBH ROBERT) 25 June 1998 (1998-06-25) column 3, line 42 -column 4, line 55; claims 2-7; figures 1-3 column 6, line 58 -column 7, line 21; figures 5,6	1,2,10
X	DE 35 43 145 A (BOSCH GMBH ROBERT) 11 June 1987 (1987-06-11) column 4, line 11 - line 24; figure 1 column 4, line 31 - line 51; claim 1 column 6, line 62 -column 7, line 31; figure 5	1,2,10, 11
	---	-/-

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

18 September 2001

24/09/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Meijs, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

onial Application No

PCT/EP 01/06732

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4 802 562 A (KUROYANAGI MASATOSHI ET AL) 7 February 1989 (1989-02-07) abstract; figure 1 column 6, line 27 - line 30; figure 2 column 12, line 44 - line 45; figure 8 -----	3,7-9
A	EP 0 832 019 B (BOSCH GMBH ROBERT) 9 June 1999 (1999-06-09) cited in the application the whole document -----	1,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 01/06732

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
DE 19707960	A	03-09-1998	DE JP US	19707960 A1 10236292 A 6030055 A	03-09-1998 08-09-1998 29-02-2000
DE 19654427	A	25-06-1998	DE FR GB JP US	19654427 A1 2757470 A1 2320748 A ,B 10194099 A 6086167 A	25-06-1998 26-06-1998 01-07-1998 28-07-1998 11-07-2000
DE 3543145	A	11-06-1987	DE DE EP JP JP US	3543145 A1 3668857 D1 0224832 A2 2650187 B2 62134363 A 4805105 A	11-06-1987 15-03-1990 10-06-1987 03-09-1997 17-06-1987 14-02-1989
US 4802562	A	07-02-1989	JP JP JP JP	62216852 A 1974125 C 7005066 B 62258844 A	24-09-1987 27-09-1995 25-01-1995 11-11-1987
EP 0832019	B	01-04-1998	DE DE EP JP US WO	19548207 A1 59602179 D1 0832019 A1 11500982 T 5934767 A 9723372 A1	26-06-1997 15-07-1999 01-04-1998 26-01-1999 10-08-1999 03-07-1997

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

nationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/06732

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B60T8/36

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B60T

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^a	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 197 07 960 A (BOSCH GMBH ROBERT) 3. September 1998 (1998-09-03) das ganze Dokument	1,2,4-6, 10-12
Y	---	3,7-9
X	DE 196 54 427 A (BOSCH GMBH ROBERT) 25. Juni 1998 (1998-06-25) Spalte 3, Zeile 42 -Spalte 4, Zeile 55; Ansprüche 2-7; Abbildungen 1-3 Spalte 6, Zeile 58 -Spalte 7, Zeile 21; Abbildungen 5,6	1,2,10
X	DE 35 43 145 A (BOSCH GMBH ROBERT) 11. Juni 1987 (1987-06-11) Spalte 4, Zeile 11 – Zeile 24; Abbildung 1 Spalte 4, Zeile 31 – Zeile 51; Anspruch 1 Spalte 6, Zeile 62 -Spalte 7, Zeile 31; Abbildung 5	1,2,10, 11
	---	-/-

 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

R Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

18. September 2001

24/09/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL – 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Meijs, P

INTERNATIONALER RECHENBERICHT

deles Aktenzeichen

PCT/EP 01/06732

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 4 802 562 A (KUROYANAGI MASATOSHI ET AL) 7. Februar 1989 (1989-02-07) Zusammenfassung; Abbildung 1 Spalte 6, Zeile 27 – Zeile 30; Abbildung 2 Spalte 12, Zeile 44 – Zeile 45; Abbildung 8 -----	3,7-9
A	EP 0 832 019 B (BOSCH GMBH ROBERT) 9. Juni 1999 (1999-06-09) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1,10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentl

en, die zur selben Patentfamilie gehören

nationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/06732

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19707960	A	03-09-1998	DE JP US	19707960 A1 10236292 A 6030055 A	03-09-1998 08-09-1998 29-02-2000
DE 19654427	A	25-06-1998	DE FR GB JP US	19654427 A1 2757470 A1 2320748 A ,B 10194099 A 6086167 A	25-06-1998 26-06-1998 01-07-1998 28-07-1998 11-07-2000
DE 3543145	A	11-06-1987	DE DE EP JP JP US	3543145 A1 3668857 D1 0224832 A2 2650187 B2 62134363 A 4805105 A	11-06-1987 15-03-1990 10-06-1987 03-09-1997 17-06-1987 14-02-1989
US 4802562	A	07-02-1989	JP JP JP JP	62216852 A 1974125 C 7005066 B 62258844 A	24-09-1987 27-09-1995 25-01-1995 11-11-1987
EP 0832019	B	01-04-1998	DE DE EP JP US WO	19548207 A1 59602179 D1 0832019 A1 11500982 T 5934767 A 9723372 A1	26-06-1997 15-07-1999 01-04-1998 26-01-1999 10-08-1999 03-07-1997